

学校编码: 10384

分类号____密级____

学 号: 200331021

UDC _____

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

粗糙集与灰色系统理论结合应用的研究
Research in The Combination of Rough Set and
Grey System Theory

李滢雪

指导教师姓名: 吴顺祥 教授

专 业 名 称: 系 统 工 程

论文提交日期: 2006 年 3 月

论文答辩时间: 2006 年 4 月

学位授予日期: 2006 年 月

答辩委员会主席: _____

评 阅 人: _____

2006 年 3 月

粗糙集与灰色系统理论结合应用的研究

李滢雪

吴顺祥教授

厦门大学

摘 要

粗糙集理论和灰色系统理论都是处理不完全、不精确及不确定性信息的有效工具,通过对这两种理论进行结合和互补来研究处理不确定性问题的更有效和更一般化的方法,无疑是一项有重要现实意义的工作。

本文在认真分析了粗糙集和灰色系统理论的发展和研究现状后,详细介绍了粗糙集和灰色系统理论的基本知识,在此基础上对灰色系统理论和粗糙集理论相结合进行信息处理的方法进行了一些有效的研究。本文的特色和创新之处在于:提出了模糊灰集和区间灰集的概念。将模糊灰集与模糊集对比,探讨了模糊灰集的运算性质,分析了模糊灰集和 Vague 集的关系,结合模糊集中截集的思想,深入研究了模糊灰集的截集白化法;研究了区间灰集的概念和运算性质,特别是利用区间灰集同粗糙集的关系,提出了区间灰集的粗集白化方法,该方法突出体现了粗糙集和灰色系统理论结合的可行性;结合信息熵对信息不确定性的度量作用,定义了区间灰集的基于灰信息熵的灰度;最后,建立了灰色信息系统和灰色决策表的概念,针对属性值为集合范畴的信息系统,提出了灰集信息系统和灰集决策表的概念;将经典粗糙集中辨识矩阵推广到相容关系上,定义了基于相容关系的辨识矩阵对区间灰集决策表的属性约简算法进行了研究;在分析了粗糙集和灰色系统理论结合应用的可行性和必要性的基础上,提出了三种有价值的灰色信息系统的信息处理方法:基于容差关系的辨识矩阵属性约简法,该方法直接利用基于粗糙集划分的容差类的概念建立辨识矩阵进行属性约简;灰决策表的白化约简法,定义了一个基于相容类的白化函数对灰色信息进行白化后约简;灰色关联生成法在数据预处理中的应用研究,提出了一种灰色关联生成法对不确定性信息进行生成、检测噪声数据等,并通过例子证明了这几种信息处理方法的有效性。

本文的研究工作是对粗糙集和灰色系统理论结合应用这个崭新的研究领域的有益探索,为深入研究粗糙集和灰色系统理论提供了更广阔的思路。

该课题受到福建省教委科技项目“基于灰色粗糙集理论的知识获取方法的研究”(Ja05290)资助。

关键词: 粗糙集; 灰色系统理论; 灰集

Abstract

Rough Set and Grey System Theory are both efficient tools to deal with incomplete, imprecise and uncertain information. Absolutely, it is of great practical significance to study more efficient and general means to solve uncertain problems with the combination of these two theories. In this paper, the author perfectly analyzed the development and status quo of Rough Set and Grey System Theory, introduced basic knowledge of them in detail, and did some effective studies in information disposal by combining these two theories together. At first, conceptions of fuzzy grey set and interval grey set were presented, operation characters of them were discussed and the relationship between fuzzy grey set and Vague set was seriously analyzed. Using the idea of cut set in fuzzy set theory for reference, the author lucubrated at a cut set whitening method for fuzzy grey set. In particular, concerning the relationship between interval grey set and rough set, the author proposed a rough set whitening method for interval grey set. A grey degree of interval grey set was defined based on grey information entropy. Conceptions of grey set information system and grey set decision table were constructed based on grey information system and grey decision table. Distinguish matrix based on consistent relation was proposed to do attribute reduction of interval grey set decision table. At last the author put forward three valuable means to deal with uncertain problems: The attribute reduction algorithm based on consistent relation and distinguish matrix; The whitening reduction algorithm of grey decision table; The application of grey relative analysis in data-pretreatment. They are proved to be effective and reasonable by examples.

The study work in this paper is an available probe in the combination of Rough Set and Grey System Theory. It provides wider scopes for further studies in Rough Set and Grey System Theory.

This research is supported by science and technology item “Knowledge Acquiring Based on Grey Rough Set Theory” (Ja05290) of Fujian Education Community.

Keywords: Rough Set; Grey System Theory; grey set.

厦门大学博硕

目 录

第一章 绪 论	1
1.1 粗糙集和灰色系统理论的国内外研究现状	1
1.1.1 粗糙集理论的研究现状	1
1.1.2 灰色系统理论的发展状况	6
1.2 本文的研究意义与内容组织	8
1.2.1 本文的研究背景与意义	8
1.2.2 本文的主要工作	10
1.2.3 本文的结构	11
1.3 小结	12
第二章 粗糙集和灰色系统理论基本知识	13
2.1 粗糙集理论的基本概念	13
2.1.1 等价类与粗糙集	13
2.1.2 知识的依赖性与知识约简	15
2.1.3 信息系统与决策表	16
2.1.4 决策表的属性约简	17
2.2 灰色系统理论的基本知识	19
2.2.1 灰色系统理论研究的主要内容	19
2.2.2 灰数的运算及其白化	20
2.2.3 灰生成	23
2.2.4 灰色关联分析	23
2.3 小结	24
第三章 灰集的性质及处理方法研究	25
3.1 模糊灰集及其截集白化法	25
3.1.1 模糊灰集的概念	25
3.1.2 模糊灰集的截集白化法	27
3.1.3 模糊灰集与 Vague 集的关系	29
3.2 区间灰集及其粗集白化法	31
3.2.1 区间灰集的概念	31
3.2.2 区间灰集的粗集白化法	32
3.2.3 区间灰集的灰度	37
3.3 区间灰集决策表的属性约简法	41
3.3.1 灰色信息系统和灰色决策表的概念	41
3.3.2 灰集信息系统和灰集决策表的概念	42
3.3.3 区间灰集决策表的属性约简法	44
3.3.4 小节	47
3.4 小节	47
第四章 粗糙集理论在灰色信息系统中的应用研究	49
4.1 粗糙集与灰色系统理论结合应用的可行性和必要性	49

4.2 一种基于容差关系的辨识矩阵属性约简法	50
4.2.1 问题的提出	50
4.2.2 基于容差关系的辨识矩阵属性约简法	52
4.2.3 小节	56
4.3 灰决策表的白化约简法	56
4.3.1 灰决策表的白化	56
4.3.2 决策表的属性约简	60
4.2.3 小节	61
4.4 灰关联生成法在数据预处理中的应用	62
4.4.1 问题的提出	62
4.4.2 灰色关联分析在数据预处理中的应用	63
4.4.3 举例	65
4.4.4 小节	68
4.5 小节	68
第五章 结论和展望	70
5.1 论文的主要工作和创新点	70
5.2 展望	71
参考文献	72

Contents

Chapter1 Introduction.....	错误！未定义书签。
1.1The Development and Status Quo of Rough Set and Grey System Theory	错误！未定义书签。
1.1.1The Development and Status Quo of Rough Set and Grey System Theory	错误！未定义书签。
1.1.2The Development and Status Quo of Grey System Theory.....	错误！未定义书签。
1.2 The Meaning and Contents of The Paper	错误！未定义书签。
1.2.1The Meaning and Background of The Paper	错误！未定义书签。
1.2.2The Main Studies of The Paper.....	错误！未定义书签。
1.2.3The Frame of The Paper.....	错误！未定义书签。
1.3Summary.....	错误！未定义书签。
Chapter2 Basic of Rough Set and Grey System Theory.....	错误！未定义书签。
2.1Basic Conceptions of Rough Set	错误！未定义书签。
2.1.1Equivalence Class and Rough Set.....	错误！未定义书签。
2.1.2Knowledge Dependence and Reduction	错误！未定义书签。
2.1.3Information System and Decision Table.....	错误！未定义书签。
2.1.4Attribute Reduction of Decision Table	错误！未定义书签。
2.2Basic of Grey System Theory	错误！未定义书签。
2.2.1Main Contents of Grey System Theory	错误！未定义书签。
2.2.2Grey Numbers and Operations.....	错误！未定义书签。
2.2.3Grey Generating.....	错误！未定义书签。
2.2.4Grey Relative Analysis	错误！未定义书签。
2.3Summary.....	错误！未定义书签。
Chapter3 Characters and Operations of Grey Set.....	错误！未定义书签。
3.1Fuzzy Grey Set and The Cut Whitening Method.....	错误！未定义书签。
3.1.1The Conception of Fuzzy Grey Set.....	错误！未定义书签。
3.1.2The Cut Set Whitening Method of Fuzzy Grey Set.....	错误！未定义书签。
3.1.3The Relation Between Fuzzy Grey Set and Vague Set.....	错误！未定义书签。
3.2Interval Grey Set and The Rough Set Whitening Method.....	错误！未定义书签。
3.2.1The Conception of Interval Grey Set.....	错误！未定义书签。
3.2.2The Rough Set Whitening Method of Interval Grey Set.....	错误！未定义书签。
3.2.3The Grey Degree of Interval Grey Set.....	错误！未定义书签。
3.3Attribute Reduction of Interval Grey Set Decision Table.....	错误！未定义书签。

签。

3.3.1Conception of Grey Information System and Grey Decision Ttable....错误！未定义书签。

3.3.2Conception of Grey Set Information System and Grey Set Decision Table.....错误！未定义书签。

3.3.3Attribute Reduction of Interval Grey Set Decision Table错误！未定义书签。

3.3.4Brief Summary.....错误！未定义书签。

3.4Summary.....错误！未定义书签。

Chapter4Applications of Rough Set in Grey InformationSystem错误！未定义书签。

误！未定义书签。

4.1The Possibility and Necessary to Combine Rough Set with Grey System Theory错误！未定义书签。

4.2Attribute Reduction Based on Consistent Relation and Distinguish Matrix错误！未定义书签。

4.2.1The Advance of The Problem错误！未定义书签。

4.2.2Attribute Reduction Based on Consistent Relation and Distinguish Matrix.....错误！未定义书签。

4.2.3Brief Summary.....错误！未定义书签。

4.3The Whitening Reduction Algorithm of Grey Decision Table错误！未定义书签。

4.3.1The Whitening of Grey Decision Table错误！未定义书签。

4.3.2Attribute Reduction of Grey Decision Table错误！未定义书签。

4.2.3Brief Summary.....错误！未定义书签。

4.4The Application of Grey Relative Analysis in Data-pretreatment错误！未定义书签。

4.4.1The Advance of The Problem错误！未定义书签。

4.4.2The Application of Grey Relative Analysis in Data-pretreatment错误！未定义书签。

4.4.3Example错误！未定义书签。

4.4.4Brief Summary.....错误！未定义书签。

4.5Summary.....错误！未定义书签。

Chapter5 Conclusions and Prospects.....错误！未定义书签。

5.1Main Studies and Innovations of The Paper错误！未定义书签。

5.2Prospects错误！未定义书签。

References错误！未定义书签。

第一章 绪 论

1.1 粗糙集和灰色系统理论的国内外研究现状

1.1.1 粗糙集理论的研究现状

20 世纪 70 年代初,波兰学者 Z.Pawlak 和波兰科学院、华沙大学的逻辑学家们组成了研究小组,开始了对信息系统逻辑特性的长期基础性研究。针对从实验得到的以数据形式表述的不精确、不确定、不完整的信息和知识进行了分类分析,这一研究成为粗糙集(Rough Sets, 简称“粗集”)理论产生的基础。1982 年, Z.Pawlak 针对 G.Frege 的边界线区域思想提出了该处理含糊和不确定性问题的新型数学工具——粗糙集^[1]。经典论文 Rough Set^[2]的发表宣告了粗糙集理论的诞生。直至 20 世纪 80 年代,学多专家学者对粗糙集理论进行了深入的研究,不过主要集中在对粗糙集理论的数学性质及逻辑系统的分析研究。1991 年, Z.Pawlak 的专著“Rough Sets”^[3]的出版是粗糙集理论研究的一个里程碑。1992 年 R.Slowinski 主编的关于粗糙集应用及其相关方法比较研究的论文集^[4]的出版,对这一时期的工作成果做了很好的总结,也促进了粗糙集理论在应用领域的推广。

1992 年在波兰 Kiekrz 召开了第 1 届国际粗糙集讨论会,这次会议着重讨论了集合近似定义的基本思想及其应用,其中粗糙集环境下机器学习的基础研究是这次会议的四个专题之一。从此每年召开一次以粗糙集理论为主题的国际研讨会。1993 在加拿大 Banff 召开了第 2 届国际粗糙集与知识发现(RSD'93)研讨会,这次会议极大地推动了国际上对粗糙集理论与应用的研究,其主题是粗糙集、模糊集与知识发现。特别值得一提的是在 1995 年召开的第 4 届模糊理论与技术国际研讨会(Fuzzy Theory & Technology'95)上,针对粗糙集与模糊集合的基本观点与相互关系展开了激烈的讨论,较大地促进了粗糙集的研究。1996 年底在日本东京召开了第 5 届国际粗糙集研讨会,这是第一次在亚洲地区召开的范围广泛的粗糙集研讨会。1998 年 6 月在波兰华沙召开了“第 1 届粗糙集和计算的当前趋势”学术会议。1999 年 11 月在日本召开了“第 7 届粗糙集、模糊集、数据

挖掘和粒度-软计算的国际学术研讨会”(RSFDGRC'99),阐述了当前粗糙集、模糊集的研究现状和发展趋势。2000年10月在加拿大又召开了“第2届粗糙集和计算科学的当前趋势”学术会议。2001年在日本召开了“粗糙集理论和粒度计算国际研讨会”。2002年在美国召开了“第3届粗糙集和计算科学的当前趋势”学术会议^[5]。RSFDGrC2003和CRSSC2003国际学术会议是在中国重庆召开的。2005年在加拿大Regina大学召开了第十届粗糙集,模糊集和粒计算国际学术研讨会(RSFDGrC'2005)。第五届粗糙集和计算科学的当前趋势国际学术研讨会(RSCTC'2006)也将于2006年11月在日本召开。

粗糙集理论的研究在中国也得到了积极推广。2001年5月在重庆召开了“第1届中国 Rough 集与软计算学术研讨会”^[6],邀请了创始人 Z. Pawlak 教授做大会报告。2002年10月在苏州召开了“第2届中国 Rough 集与软计算学术研讨会”^[7]。2003年10月在重庆召开了“第3届中国 Rough 集与软计算学术研讨会”,并同时举办“第9届粗糙集、模糊集、数据挖掘和粒度-软计算的国际会议”。2003年成立了中国人工智能学会粗糙集与软计算专业委员会。2004年10月在舟山召开了“第四届中国 Rough 集与软计算学术研讨会”。2005年8月在鞍山召开了“第五届中国 Rough 集与软计算学术研讨会”。第六届中国 Rough 集与软计算学术研讨会也将于2006年10月在浙江金华召开。首届粗糙集和知识发现国际学术研讨会(RSKT'2006)将于2006年7月在中国重庆召开。我国近年来在此领域的研究发展速度非常快,Rough 集的研究队伍也更加壮大,研究成果在深度和广度上有了更大的发展。

Rough 集自1982年由Pawlak教授提出以来,其理论模型得到不断的完善和发展,逐渐渗透到很多学科,已经成为研究数据挖掘、知识发现和知识约简的理论基础。Rough 集理论自身也已成为完整、独立的科学领域。

至今,国内外对粗糙集理论的研究主要集中在以下方面^[1,8,9,10]:

(1) 粗糙集的数学性质

对粗糙集数学性质的研究,主要包括研究集合和分类近似的性质、决策表性质、代数结构、粗糙代数、粗糙逻辑、粗糙拓扑结构及其收敛性问题,它们是粗糙集理论形成和发展的基础。研究粗糙集数学性质的方法主要有构造性方法和公理化方法。构造性方法是从一个二元关系出发定义一对上、下近似算子,通过不同的二

元关系定义不同的近似算子,从而构造不同类型的粗糙集代数,如序列粗糙集代数、反射粗糙集代数、对称粗糙集代数、传递粗糙集代数、Pawlak 粗糙集代数等。Yao 系统研究了上述各种特殊类型的粗糙集代数及其相应近似算子所具备的特性,基于普通的邻域关系,引入了邻域系统的概念,并系统地研究了邻域系统与粗糙近似之间的关系^[11,12]。而公理化方法是通过定义满足不同的特定公理系统的一对对偶近似算子来刻画不同类型的粗糙集代数的,这种方法又称粗集的代数方法。Liu 等给出了一个粗糙集公理组,并证明了公理组的可靠性^[13];祝峰等简化了该公理组,也证明了简化公理组的可靠性^[14];在此基础上,孙辉等进一步研究了粗糙集公理组的极小化问题,得到了两个简化的粗糙集公理组,且讨论了它们的可靠性和极小性^[15];Z.Pawlak 定义了粗糙逻辑和决策逻辑^[16];A.Skowron 研究了粗糙概念逻辑和近似逻辑,强调了这种逻辑的完备性^[17,18];M.K.Charabory 提出了带粗糙量词的粗糙逻辑,并建立了一套近似推理的逻辑工具^[19];A.Nakamura 定义了一种粗糙层次模态性,把 5 种模态逻辑分别对应于 5 种模糊和粗糙性,并把粗糙逻辑、模糊逻辑和模态逻辑融为一体^[20,21,22]。

(2) 属性值的离散化

粗集理论只能处理离散数据(如整型、字符串型、枚举型等),这一局限大大限制了粗糙集理论的应用范围。因此,实际应用中,必须先对连续属性值进行离散化处理。目前粗集理论中的离散方法基于两类。一类基本上很少或不考虑粗集理论的特殊性,只是把机器学习等其他学科中的离散化问题借用到粗集理论上,离散化效果并不突出;另一类注意到了粗集理论对决策表的特殊要求,采取结合方法来解决离散化问题^[23]。连续属性的离散化使得粗集理论对离散和连续的属性都能处理,扩大了粗集理论的应用范围。

(3) 核与约简的求取

核和约简是粗集理论中的两个核心概念,对数据的约简起着重要作用。约简往往不止一个,求出所有的属性约简是 NP 难题^[24],常采用启发方法找出一个最优或次优约简,其中基于“属性重要性”思想的启发式算法得到了广泛的研究。核是最重要的属性集合,寻找核的意义在于:从核开始求取属性约简,会大大减少求属性约简的计算量。最初提出该算法的是 HuX,使用核作为计算的初始约简,引入“属性的重要性”这样一个度量作为启发信息,按照属性的重要程度的大小

逐个将属性加入约简集，直到该集合是一个约简为止^[25]；此外，属性约简也成为数据挖掘的一项重要工作，属性约简的方法和技术也不断成熟^[26-29]。

(4) 粗糙模型的拓广

Pawlak 提出的经典的粗糙集模型在应用于数据分析时，会遇到噪声、数据缺失、大数据量、连续属性离散化等具体问题，造成了实际效果不是很理想。可变精度粗糙模型^[30,31]通过引入两个集合的相等误分类度，把集合的普通包含关系放宽为多数包含关系。在允许的分类误差下对概念的上近似和下近似重新定义；相容关系模型^[32,33]针对经典粗糙集中等价关系条件太强的缺陷，提出了用相容关系代替传统的等价关系的相容关系模型；概率粗糙模型^[34,35]通过条件概率来定义概念的上、下近似，弥补了早期的经典粗糙模型没有考虑与不确定性分类问题有关的概率分布信息的缺陷。

(5) 与其他不确定性方法的关系和互补

①粗糙与模糊集合

模糊集用隶属度处理和描述不确定性信息，粗糙集是用正区域，负区域和边界域处理不精确信息的三值逻辑。粗糙集与模糊集有很好的互补性，其结合应用的研究已经成功运用到很多领域中。粗糙集与模糊集关系的探讨见文献[36-38]。

②粗糙与证据理论

文[39]研究了粗糙集与证据理论的关系。前者使用上、下近似而后者使用信任函数和似然函数作为处理不确定性的工具。粗糙集中的近似质量通过对数据本身的计算导出，而信任（似然）值需要专家给出，因此粗糙集具备客观性，而证据理论带有一定的主观性。

③粗糙与概率统计、信息论

粗糙集与统计学都是分析数据的有效工具，粗糙集的优点在于：意义明确，不需要任何统计假设。文[40]比较了粗糙集与统计学方法在属性选取上的区别与联系。Duntsch 定义了粗糙集数据分析的统计特性，并依据该统计特性给出了一种数据过滤方法，并结合信息熵原理定义了两种衡量粗糙集数据分析质量的不确定性测度^[41]。

④粗糙集与神经网络理论

利用粗糙理论的属性约简方法可以减少输入神经网络的数据维数。Jelonek

等的研究实验表明,利用约简算法对神经网络的输入数据进行预处理后,在分类能力没有明显下降的情况下,缩短了网络的训练时间^[42]。粗糙集理论和神经网络结合的研究成果也很多,应用领域也很广泛^[43,44]。

⑤粗糙集与粒计算

粗糙集与粒计算都是在分类的基础上对信息进行分析的工具。粗糙集在等价关系 R 下对对象集合进行分类,对分类后的集合再进行知识约简或规则提取等操作。粒计算是将对象以粒为单位进行分析,信息粒的概念其实就是一种分类,所以这两种理论在本质上有相似之处。相关的应用也很多,如:不完备信息系统的粒计算方法^[45];粒计算及其在数据挖掘中的应用^[46];粒及粒计算在逻辑推理中的应用^[47]; Rough 集与粒计算^[48]。

⑥粗糙集与灰色系统理论

灰色系统理论和粗糙集理论的共同之处在于它们无需提供问题所需处理数据以外的任何先验信息。灰色系统理论从多角度的思维方式处理不确定性问题与粗糙集理论对不确定性问题或知识的不同划分的思想有异曲同工之处。但另一方面,两者具有明显的不同之处和极强的互补性。粗糙集未包含处理不精确或不确定原始数据的机制,而灰色系统则提供了丰富和有效的处理不精确或不确定原始数据的方法和手段。灰色系统通过动态生成的手段,强调最新信息优化,研究现实规律,这对粗糙集的知识动态约简、动态分类是一个补充。在研究对象上,粗糙集理论的研究对象为集合,是信息的外延不确定性;而灰色系统理论的研究对象是灰数,是只有边界而内涵不确定的数。因此,两种理论互补是可行的,且对于它们的进一步完善及应用范围的拓展都有着现实的意义。目前国内外在这方面的研究还很少,主要有:将粗糙集模型和灰色系统理论结合起来提出灰色粗糙集模型;结合粗糙集和灰数的特点提出灰集的概念并对其性质进行讨论^[49,50];结合两种理论进行实际问题的组合决策方法研究^[51]等。

⑦粗糙集与 Vague 集

Vague 集^[52]理论是由台湾学者 W.L.Gau 和 D.J.Buehrer 于 1993 年提出的。Vague 集是 L.A.Zadeh 所提出的模糊集理论的推广,是新的处理模糊信息的理论。Vague 集在模糊信息的表达能力方面比模糊集更强。它是一种直觉模糊集合,将隶属度推广为真隶属度和假隶属度两个概念来共同描述元素的不确定性。

粗糙集理论用上、下近似来描述信息的不确定性与 Vague 集用真、假隶属度来描述信息的不确定性有相似之处，就是都是从不同的角度来刻画同一个元素。但是，粗糙集刻画的是信息的边界不确定性，而 Vague 集刻画的是信息的内涵不确定性，这与粗糙集与灰色系统理论的关系相似，只是 Vague 集处理信息的方法与灰色信息理论处理信息的方法不同。

目前国内外对粗糙集和 Vague 集关系的研究非常少，原因是粗糙集和 Vague 集都是比较新的理论，而 Vague 集与模糊集的极大相关性使得大部分的学者都将着眼点放在了研究 Vague 集与模糊集的关系上，这方面的研究成果很多，如基于 Vague 集的多目标模糊决策方法^[53]；基于 Vague 集的广义模糊关系数据模型^[52]；模糊信息处理中 Vague 集向模糊集转化的一种方法^[54]；基于 Vague 集的模糊信息融合研究^[55]等等。

（6）粗糙集理论的应用研究

近几年来，粗糙集理论在机器学习、知识发现、决策支持与分析、专家系统、智能控制、模式识别等学科领域获得了成功应用并得到了交叉发展。粗糙集理论在许多应用领域也得到了成功的应用，如医学、图像处理、环境改善与保护、市政工程、电力系统、地质分析等等。目前国际上已经开发出了一些基于粗糙集理论的 KDD 系统^[49]。

实践证明粗糙集理论是处理模糊和不确定性知识的很好的工具。粗糙集理论的方法在社会生活的许多领域都有重要作用。粗糙集理论也被证明是完备而有效的，在今后的研究中，粗糙集理论的研究主要将集中在与其它前沿学科的交叉结合和应用方面，如粗糙集与数据挖掘、人工智能等前沿学科领域的交叉结合。随着 Internet 的迅速扩展，Web 页面的增加，利用粗糙集进行 Web 知识发现将是今后重要的研究课题之一。

1.1.2 灰色系统理论的发展状况

灰色系统理论^[56,57]也是 20 世纪八十年代提出的一种新的处理不确定性信息的有力工具。1982 年，北荷兰出版公司出版的《系统与控制通讯》(Systems & Control Letters) 杂志刊载了我国学者邓聚龙教授的第一篇灰色系统论文“灰色系统的控制问题”(The Control Problems of Grey Systems)；同年，《华中工学院学

报》刊载了邓聚龙教授的第一篇中文灰色系统论文“灰色控制系统”。这两篇开创性论文的公开发表,标志着灰色系统理论这一新兴横断学科开始问世。这一新理论刚一诞生,就受到国内外学术界和广大实际工作者的积极关注,不少著名学者和专家给予充分肯定和大力支持,许多中青年学者纷纷加入灰色系统理论研究行列,以极大的热情开展理论探索及在不同领域中的应用研究工作。尤其是它在众多科学领域中的成功应用,赢得了国际学术界的肯定和关注。目前,英国、美国、德国、日本、澳大利亚、加拿大、奥地利、俄罗斯等国家及中国台湾、香港地区以及联合国等国际组织有许多学者从事灰色系统的研究和应用。1989 年在英国创办的英文版国际学术刊物《灰色系统学报》(The Journal of Grey System)已成为《英国科学文摘》(SA)、《美国数学评论》(MR)等重要国际文摘机构的核心期刊。全世界有 300 余种学术期刊接受、刊登灰色系统论文,美国计算机学会会刊、台湾《模糊数学通讯》、系统与amp;控制国际杂志 Kybernetes (SCI 源期刊)出版了灰色系统专辑。

世界上有 100 多所大学如华中科技大学,中国人民大学,清华大学,浙江大学,山东大学,南京航空航天大学,美国马里兰大学,日本丰桥大学,神奈川大学,维也纳经济大学,法国宇航中心,台湾中央大学和成功大学,大同工学院,大溪大学等开设了灰色系统理论课程。华中科技大学、南京航空航天大学、福州大学和武汉理工大学已招收、培养灰色系统专业方向的博士研究生,世界各国高等学校计有数千名博士、硕士研究生运用灰色系统的思想方法开展科学研究,撰写学位论文。

国内外许多出版机构,如科学出版社、国防工业出版社、华中理工大学出版社、江苏科学技术出版社、山东人民出版社、科学技术文献出版社、台湾全华科技图书出版社、台湾高立图书有限公司、日本理工出版社、美国 IIGSS 学术出版社……出版灰色系统学术论著 60 余种。一批新兴边缘学科如灰色水文学、灰色地质学、灰色育种学、区域经济灰色系统分析、灰色哲学……应运而生。国家及各省、市科学基金积极资助灰色系统研究,每年都有一大批灰色系统理论或应用研究项目获得各类基金资助。据统计,全国各地有 160 多项灰色系统成果获得国家或省部级奖励;2002 年,我国灰色系统学者获系统与amp;控制世界组织奖。

据不完全统计,SCI, EI, ISTP, SA, MR, MA 等国际权威性检索机构跟

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

厦门大学博硕